

**Sensor unit with at least one mechanical resonant vibration element - produces electric signal with deflection from initial position due to reaction of force and at least part of element contains hard magnetic magnetisable material**

Patent Number: DE4103589  
Publication date: 1992-08-13  
Inventor(s): BARTSCH WOLFGANG (DE)  
Applicant(s): SIEMENS AG (DE)  
Requested Patent: ■ DE4103589  
Application Number: DE19914103589 19910206  
Priority Number(s): DE19914103589 19910206  
IPC Classification: G01D5/16; G01L1/12; G01L1/20; G01P15/08  
EC Classification: G01P15/08M  
Equivalents:

**Abstract**

One locally fixed sensor element (10) at least is provided, for the detection of a magnetic field (H), generated by the hard magnetic magnetised material (6). The vibrating element (3) is a traverse beam fixed at one side.  
The traverse beam (3) protrudes in a recess (8) of a substrate (4) in the manner of a finger and is connected with the substrate (4) at the edge of the recess. The substrate consists at least substantially of silicon.  
ADVANTAGE - Sensor of known type, designed so that susceptibility to high temps. and humidity is at least reduced, at same time facilitates relatively simple cost effective prodn.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

①9 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

⑫

Offenlegungsschrift

⑩

DE 41 03 589 A 1

⑤1

Int. Cl.<sup>5</sup>:

G 01 D 5/16

G 01 L 1/20

G 01 L 1/12

G 01 P 15/08

⑳

Aktenzeichen:

P 41 03 589.5

㉔

Anmeldetag:

6. 2. 91

㉕

Offenlegungstag:

13. 8. 92

DE 41 03 589 A 1

㉗1 Anmelder:

Siemens AG, 8000 München, DE

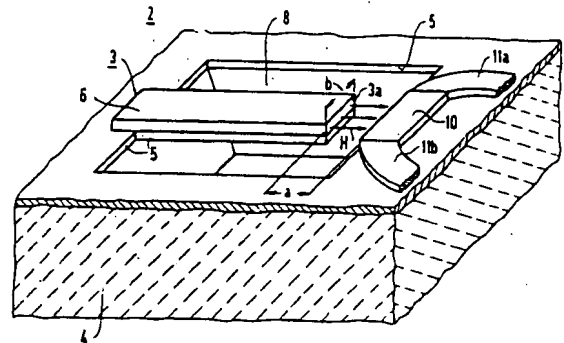
㉗2

Erfinder:

Bartsch, Wolfgang, 8520 Erlangen, DE

㉗4 Sensoreinrichtung mit einem mechanisch resonanten Schwingungselement

㉗5 Die Sensoreinrichtung (2) enthält mindestens ein mechanisch resonantes Schwingungselement (3), das bei einer Auslenkung aus einer Ausgangslage aufgrund einer Krafteinwirkung ein von der Auslenkung abhängiges elektrisches Signal erzeugt. Erfindungsgemäß soll wenigstens ein Teil des Schwingungselementes (3) eine Schicht (6) aus einem hartmagnetischen, aufmagnetisierten Material enthalten. Zu einer Erfassung eines von diesem hartmagnetischen, aufmagnetisierten Material hervorgerufenen Magnetfeldes (H) soll mindestens ein ortsfestes Sensorelement (10), insbesondere ein magnetoresistiver Sensor, vorgesehen sein.



DE 41 03 589 A 1

einer Verwendung von Co oder CoCr als hartmagnetischem Material der Fall. Werden jedoch hartmagnetische Materialien vorgesehen, die eine hinreichende Festigkeit der Biegebalken gewährleisten, kann gegebenenfalls auf die Trägerschicht 5 verzichtet werden. Gemäß dem beschriebenen Ausführungsbeispiel sei aber eine CoCr-Schicht 6 angenommen, die eine Trägerschicht 5 erforderlich macht. Die Trägerschicht 5 kann vorteilhaft aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  bestehen und eine Dicke  $d_1$  besitzen, die z. B. zwischen 1 und 10 nm liegt. Auf die Schicht 5 ist die hartmagnetische Schicht 6 (aus CoCr) mit einer Dicke  $d_2$  von z. B. zwischen 5 und 50 nm aufgebracht. Mittels bekannter photolithographischer Verfahren (vgl. die genannte Veröffentlichung "Proc. IEEE", insbesondere S.425) wird der Schichtaufbau aus den Schichten 5 und 6 auf dem Substrat 4 so strukturiert, daß seitlich von dem herzustellenden Biegebalken das Si des Substrates 4 freigelegt wird. Darauf wird das nun freiliegende Si-Substrat 4 in einem Medium geätzt, das bekanntermaßen anisotrop wirkt. Hierdurch wird bei hinreichend langem Überätzen der Biegebalken 3 vorgegebener Geometrie erzeugt. Gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel ragt der Biegebalken 3 fingerartig in eine herausgeätzte Ausnehmung 8 des Substrates 4 hinein. Seine Breite  $b$  liegt dabei im allgemeinen zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 200  $\mu\text{m}$ , beispielsweise bei 50  $\mu\text{m}$ , während seine freie Länge  $l$  häufig zwischen 0,01 mm und 0,8 mm liegt und beispielsweise etwa 0,25 mm betragen kann. Der Biegebalken ist dabei in der Ebene der Oberkante der Ausnehmung 8 am Rand mit dem Substrat über die Trägerschicht 5 einseitig fest verbunden. Die Geometrie des Biegebalkens sowie die Schichtdicken  $d_1$  und  $d_2$  des Laminats aus Träger- und hartmagnetischer Schicht 5 bzw. 6 sowie die Elastizitätsmoduli und die Dichten der Schichten 5 und 6 bestimmen die mechanische Resonanzfrequenz  $f$  des Biegebalkens im Grundmode (vgl. auch "J. Appl. Phys.", Vol. 50, No. 11, Nov. 1979, Seiten 6761 bis 6766):

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{\bar{E}}{\bar{\rho}}} \cdot \frac{d}{l^2}$$

mit

$$d = d_1 + d_2, \quad \bar{E} = \frac{d_1 E_m + d_2 E_t}{d} \quad \text{und} \quad \bar{\rho} = \frac{d_1 \rho_t + d_2 \rho_m}{d}$$

Hierbei sind  $E_t$  sowie  $E_m$  die Elastizitätsmoduli und  $\rho_t$  sowie  $\rho_m$  die Dichten der Trägerschicht 5 bzw. der hartmagnetischen Schicht 6.

Sollten die gestellten Anforderungen an die mechanische Resonanzfrequenz durch rein geometrische Auslegung des Biegebalkens 3 nicht erfüllbar sein, so kann auf das freischwingende Ende 3a des Biegebalkens mittels photolithographischer Methoden eine zusätzliche Masse aufgebracht werden, die die Resonanzfrequenz entsprechend herabsetzt.

Die hartmagnetische Schicht 6 z. B. aus CoCr wird vorteilhaft nach dem Aufbringen, z. B. durch Sputtern in einem externen Magnetfeld aufmagnetisiert. Von Vorteil hinsichtlich der Empfindlichkeit eines verwendeten Sensorelementes 10 ist eine Magnetisierung in der Ebene der hartmagnetischen Schicht. Das so von der Schicht 6 hervorgerufene Magnetfeld ist in Fig. 1 durch gepfeilte, mit H bezeichnete Linien angedeutet.

Als magnetfeldempfindliche Sensorelemente 10 sind praktisch alle Vorrichtungen geeignet, mit denen das von der aufmagnetisierten Schicht 6 hervorgerufene Magnetfeld H mit hinreichender Empfindlichkeit zu detektieren ist. Neben induktiven Leseköpfen, wie sie aus Datenspeichereinrichtungen bekannt sind, lassen sich besonders vorteilhaft magnetoresistive Sensoren vorsehen. Ein entsprechendes Element ist nachfolgend für das Ausführungsbeispiel angenommen. Dieses in den Fig. 1 und 2 nicht näher ausgeführte Element ist ortsfest in einem geringen Abstand  $a$  zu dem freischwingenden Ende 3a des Biegebalkens 3 angeordnet. Für es kommen unterschiedliche Ausführungsformen in Frage. Beispielsweise kann es als sogenannter Barber-Pole-Sensor (vgl. z. B. "IEEE Trans. Magn.", Vol. MAG-18, No. 2, März 1982, Seiten 763 bis 768) ausgeführt sein. Zwei Kontaktflächen 11a und 11b, sogenannte Kontaktpads, sind noch für ein entsprechendes Element 10 in Fig. 1 angedeutet.

Vorteilhaft wird das magnetoresistive Sensorelement 10 vor dem anisotropen Ätzen des Si-Wafers 4 mit bekannten Methoden der Dünnschicht-Technik hergestellt. Dabei sollte die mechanische Basis des Sensorelementes zweckmäßig aus demselben Material bestehen wie die Trägerschicht 5 des Biegebalkens 6. Dann läßt sich das Unterätzen des Si-Wafers gefahrlos durchführen. Gegebenenfalls muß die Sensorbasis in den Si-Wafer hineingesetzt werden, um ein symmetrisches Verhalten des Sensorelementes bezüglich einer bei fehlender Krafteinwirkung unbeeinflussten Ausgangslage (vgl. Fig. 2) zu gewährleisten. Dies empfiehlt sich insbesondere dann, wenn das magnetoresistive Sensorelement 10 abgeschirmt werden muß oder wenn es in bekannter Weise als sogenanntes Gradiometer (vgl. z. B. "IEEE Trans. Magn.", Vol. MAG-24, No. 6, Nov. 1988, Seiten 2617 bis 2619) gestaltet sein soll. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel ist aus dem schematischen Schnitt der Fig. 3 ersichtlich. Ein derartiges, mit 13 bezeichnetes Gradiometer weist im Gegensatz zu der Ausführungsform nach den Fig. 1 und 2 zwei Sensorelemente 10 und 10' auf. Diese Elemente sind bezüglich einer durch die unbeeinflusste Ausgangslage des Biegeelementes 3 bzw. seiner hartmagnetischen Schicht 6 festgelegten Ebene A symmetrisch angeordnet. Geht man davon aus, daß das Biegeelement 3 durch eine auf der ursprünglichen Oberfläche 4a des Substrates 4 aufgebrachte Trägerschicht 5 der Dicke  $d_1$  und durch eine darauf abgeschiedene hartmagnetische Schicht 6 der Dicke  $d_2$  gebildet wird, so muß das Sensorelement 10 gegenüber der ursprünglichen Substratoberfläche 4a versenkt angeordnet sein. Das versenkte Sensorelement 10 befindet sich dabei auf einem entsprechend versenkten Teil 5' der Trägerschicht 5. Beide Sensorelemente 10 und 10' sind gegenseitig mittels eines Isolators 14 beabstandet, der aus Symmetriegründen die vertikale Ausdehnung  $h = d_2 + 2 \cdot d_1$  haben muß. Von den beiden Sensorelementen 10 und 10', die jeweils insbesondere vom Barber-Pole-Typ sein können, sind in der Figur

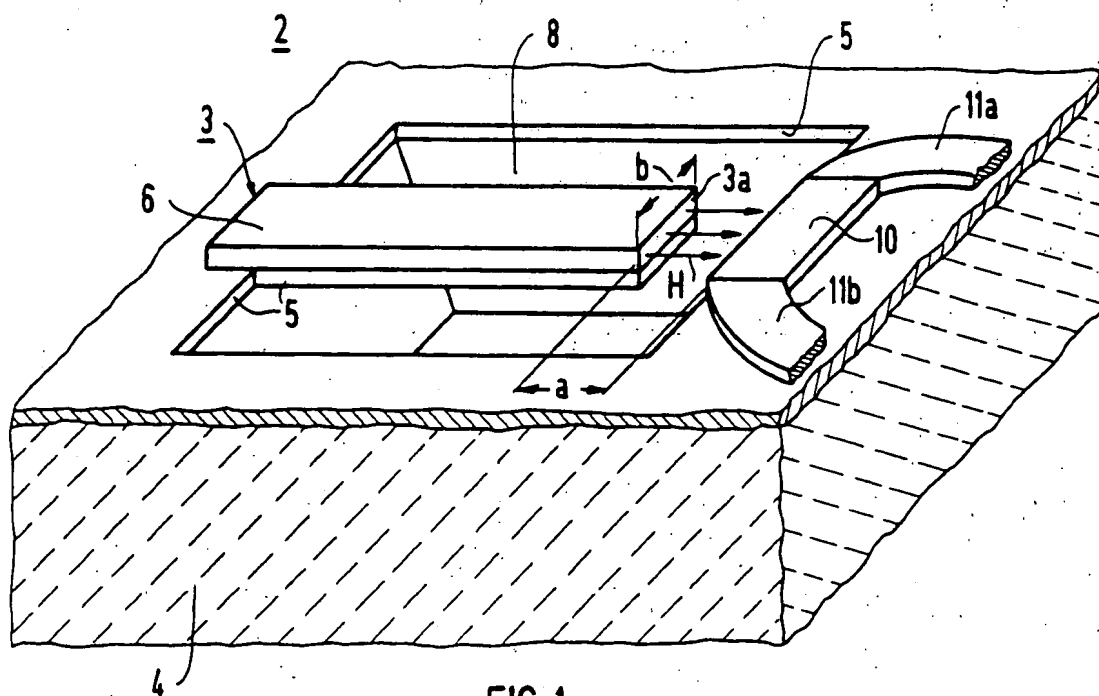


FIG 1

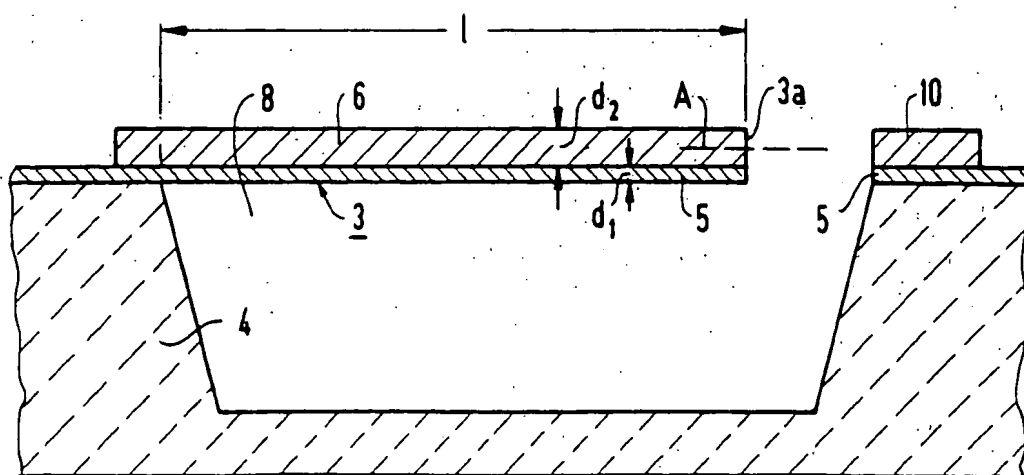


FIG 2

